

확장현실 기반 선박 원격 원격 협업 지원 시스템에 관한 연구

¹박영섭

A Study on Extended Reality-Based Remote Collaborative Support Systems for Ships

¹Youngsup Park

요약

확장현실 기반 선박 원격 원격 협업 지원 시스템은 선박의 핵심 기관 시스템을 실시간으로 모니터링하여 고장 진단 및 예측을 수행하며, 장애 발생 시 육상 원격 지원 체계를 통해 전문적인 정비를 지원한다. 이 시스템은 해양 통신을 통해 최적화된 2D/3D 콘텐츠를 연동하고, 증강현실을 활용하여 고장을 진단하고 수리할 수 있다. 또한, 육상 전문가와 원격으로 문제를 해결할 수 있는 전문가 원격 점검 기능도 포함되어 있다. 본 논문에서는 선박과 지상 관리 센터 간의 실시간 통신을 지원하기 위하여 해양 선박 네트워크 환경 모의를 위한 시간 지연 길이 변환 전송 기능을 개발하였다. 이 기능을 활용하여 지상 담당자와 육상 담당자가 2D/3D 데이터를 공유하여 선박 내/외부에서 발생하는 상황을 효과적으로 대응할 수 있도록 도와주는 선박 원격 협업 지원 시스템을 제안한다.

Abstract

The extended reality-based remote collaborative support system for ships monitors critical ship systems in real time for fault diagnosis and prediction. In case of malfunctions, it provides expert maintenance support through onshore remote assistance. The system integrates optimized 2D/3D content via maritime communication and utilizes augmented reality for fault diagnosis and repair. Additionally, it includes a feature for remote expert inspections, allowing onshore experts to address issues remotely. In this paper, we propose a ship remote collaboration support system that facilitates real-time communication between ships and ground control centers by developing a time delay conversion transmission function for simulating the maritime ship network environment.

Keywords: Remote Maintenance, Onshore Remote Collaboration Support, Digital Twin, Augmented Reality, Monitoring

¹(주)이노시플레이션 이사(yspark@innosim.com)

I. 서론

자율운항 선박은 최근 해상 물류 및 해양 산업에서 중요한 혁신 기술로 주목받고 있다. 이러한 자율운항 선박은 선박 자체의 항해, 운항, 그리고 상태 모니터링을 자동화하여 효율성을 극대화하고, 인적 오류를 최소화하는 것을 목적으로 한다. 그러나 자율운항 선박의 상용화와 원활한 운영을 위해서는 안정적이고 신뢰할 수 있는 선박 원격 협업 지원 시스템이 필수적이다. 자율운항 선박은 선박 스스로 상황을 인지하여 안전하고 경제적으로 운항하는 선박이다. 이러한 선박은 인공지능, 사물 인터넷, 센서 등 다양한 기술을 활용하여 스스로 최적 항로를 설정하고 운항한다[1].

선박의 자동화는 선원 감소로 이어지고 있으며 선원의 문제 해결 능력 부족으로 인하여 전문 엔지니어에게 도움을 받아야 한다. 선박 운항중에는 전문 엔지니어의 승선이 어려우며 이에 따른 정비를 위한 전문 엔지니어의 승선 대기 시간 증가에 따른 추가 비용 발생 및 선주/선원의 불만 증가는 불가피하다. 이로 인해 효율적인 유지보수 시스템의 필요성이 대두되고 있다[2]. 선박을 운용하는 선사 입장에서는 안정적인 운항이 최우선이다. 특히, 선박 내 추진 및 전력 생산을 담당할 수 있는 시스템 도입으로 인한 안정적인 선박 운항 확보가 필수적이다. 본 논문에서는 안정적인 선박 운영을 위한 선박 원격 협업 지원 시스템을 제안한다.

해양 선박에 설치된 네트워크는 속도와 응답성이 지상과 다르다. 이에 네트워크를 통해 정보를 전달할 경우 정보의 양과 통신 속도를 고려하여 데이터를 전송하여야 한다[3][4]. 반면, 해양 선박 네트워크를 테스트하기 위해 매년 해양 선박을 대여하고 해상에 진출하여 점검하기가 힘든 면이 있다. 본 논문에서는 지상 네트워크에 비해 데이터 전송 속도와 밴드폭이 다르다는 점을 고려하여 해양 선박 네트워크에 적합한 가변 전송 시뮬레이션 기능을 제안한다.

자율운항 선박의 운항 안전성을 보장하는 핵심기술은 커넥티드(Connected) 기술, 자기 진단(Self-Diagnosis) 기술, 디지털 트윈(Digital Twin) 기술, 친환경(Greener) 기술, 자율(Autonomous) 기술, 안전(Safer) 기술로 구성되며, 본 논문에서는 디지털 트윈 기술과 공동 연계된 증강현실 기반 선박 원격 협업 유지보수 지원 시스템에 대하여 제안한다. 디지털 트윈 선박(Digital Twin Ship) 기술은 선박의 생애주기 데이터를 수집하고 모니터링, 진단, 정비를 할 수 있도록 실제 선박과 동일한 실시간 정보를 가진 디지털 선박 기술이다. 요소 기술에는 장비 디지털화, XR(eXtended Reality, 확장현실), 데이터 마이닝 등이 있다. XR 기반 선박 원격 협업 지원 시스템은 선박 기관 핵심 장비의 정비 및 장애 복구를 위한 최적 정비 방안을 제시하고 유지보수에 필수적인 데이터인 MWP(Maintenance Work Package)를 활용한 증강현실 기반 엔지니어링 정보 가시화, 육상 전문가의 원격 지원이 가능한 시스템을 의미한다. 본 논문에서는 육상 원격 협업 지원 체계를 통해 선박의 주요 장비에 대한 정비 콘텐츠를 제공해 줄 수 있는 선박 원격 협업 지원 시스템을 제안한다.

II. 국내의 연구현황

유지보수를 위한 선박 원격 협업 지원 시스템은 기술적인 지식과 경험이 필요하며, 서비스 엔지니어들이 이런 업무를 담당한다. 최근에는 원격 유지보수의 필요성이 더욱 증가하고 있으며, 이는 비용 효율성과 효율적인 문제 해결을 위해 원격으로 시스템을 관리하는 것이 중요하기 때문이다.

지금까지 선박 원격 협업 지원 시스템에 대한 연구는 여러 분야에서 다양한 방법으로 진행되어 왔다. Saint-Voirin. et al은 자동화 시스템 모델을 통한 원격 유지보수 시스템과 이를 평가하는 방법을 제안하였다[2]. Han and Li 이 제안한 지능형 유지보수 프레임워크 모델은 유지보수 정보 수집, 정보 관리, 결정 지원, 유지보수 사업 관리, 다른 서버 시스템과의 통합 등의 요구사항을 고려하여 설계하였다[3].

네트워크 기반으로 두 사람이 각자의 PC를 이용하여 함께 시뮬레이션할 수 있도록 하여, Full Mission Ship Handling Simulator(FMSS)와 PC 기반의 시뮬레이터의 단점을 극복하고자

Nomoto 응답 모델의 해석 및 수치계산과 레이더 기능 구현 등을 통해 네트워크 기반의 시뮬레이터를 구현하였다[4]. 자동화 시스템 인터페이스, 유지보수 기능 수행을 위한 데이터 흐름 설계, 계층적 사용자 인터페이스 체계 등을 포함하여 선박 통합 통신망과 선박-육상 연계망을 통한 원격 유지보수 인프라를 구축하였다[5]. 본 논문에서는 선박 네트워크 환경 모의를 위한 가변 전송 시뮬레이션을 제안한다.

시스템이 관리를 위해 제공하는 모든 인터페이스를 사용하여 시스템의 관리 정보를 추출하고 선박 작업자와 육상 전문가 간의 정보를 공유하는 것은 매우 중요하다. 육상에서 운항하는 선박 내 IP 기반 디바이스의 상태 이력을 모니터링하고 유지보수할 수 있는 선박용 원격 유지보수 지원 시스템을 개발하였다[6]. 본 논문에서는 선박의 모든 장비를 코드화하고 코드 기반 유지보수 장비의 상태 이력을 모니터링하기 위하여 클라이언트-서버 기반 선박 원격 협업 지원 시스템을 제안한다.

대양을 운항하는 선박들의 효율적이고 안전한 운항 관리를 위해 국제 해상법적 환경이 강화되고 있으며, 선박과 육상간의 정보 공유에 대한 요구가 증대되고 있다. 선박 통합화 플랫폼을 연구하고, 선박 통합화 시스템 구축의 핵심이 되는 선박 통합화 네트워크의 설계 및 구현을 수행하였다[7]. 본 논문에서는 선박과 육상간의 원활한 정보 공유를 위하여 해양 선박 네트워크 환경 모의를 위한 시간 지연 길이 변환 전송 기능을 제안한다.

III. 확장현실 기반 선박 원격 협업 지원 시스템

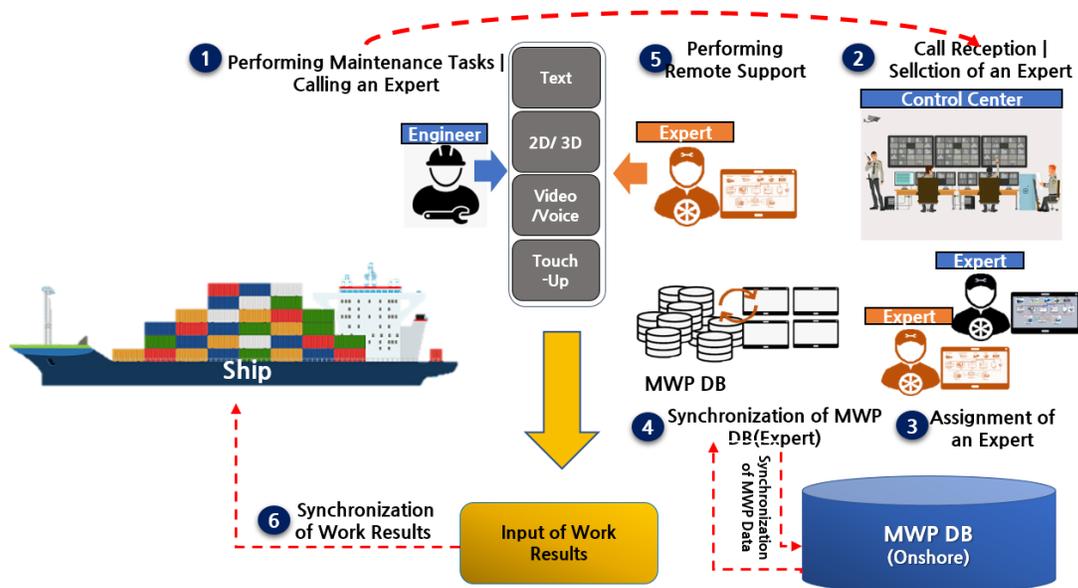


Figure 1. Conceptual Diagram of Ship Remote Collaboration Support System

그림 1. 선박 원격 협업 지원 시스템 개념도

선박에서 유지보수를 수행하기 위해서는 장애 현상을 파악하는 것이 선행되어야 하며, 이를 성능 모니터링, 디지털 브리지(Digital Bridge) 등에서 이상 신호를 감지할 수 있으므로 관련 시스템과 연계가 가능해야 한다. 본 논문에서는 유지보수를 수행하기 위한 그림 1 과 같이 선박 원격 협업 지원 시스템은 6 단계로 구성되어 있다. 첫째, 선박 내에서 고장난 제품의 유지보수 업무를 수행하기 위하여 육상으로 해당 전문가를 호출한다. 둘째, 육상 스테이션에서는 관리자가 선박의 엔지니어로부터 내용을 전달받고, 해당 내용에 적합한 전문가를 선정하기 위하여 전문가 리스트를 검색한다. 셋째, 육상 스테이션의 관리자는 선박에서 요청한 유지보수 내용에 해결책을 제시해 줄 수 있는 전문가를 선정한다. 넷째, 배정된 전문가는 관리자의 호출을 받고, 관리자로부터 전달받은 유지보수할 내용을 MWP DB 에서 검색하여 유지보수할 내용을

정리한다. 다섯째, 관리자의 지휘하에 육상 전문가와 선박의 엔지니어는 원격으로 유지보수를 지원한다. 이때, 증강현실 기술을 활용하여 사용자에게 직관적이고 명확하게 정보를 전달한다. 마지막으로, 유지보수한 작업 결과를 육상 DB와 선박 DB에 동기화한다. 본 논문에서는 선박과 육상 기지 간 원격 유지보수 지원 시스템 기능 중 선박의 엔지니어와 육상의 관리자/전문가 간 DB 전송 및 동기화를 위한 전반적인 내용을 제안한다.

3.1 육상 전문가용 원격 협업 지원 시스템 최적화

기존의 원격 협업의 경우 원격지원 서비스 중심의 시스템으로 WiFi, 5G 등 통신 인프라가 확보된 육상 스테이션 간 주로 이루어졌으며, 산업현장의 다양한 요구에 부합하는 관리자의 원격지원 및 작업관리, 작업자 간의 실시간 영상 원격 지원, 작업자들 다자간의 실시간 음성 작업공유 기능을 개발하였다[8]. 선박 작업자와 육상 전문가/관리자 간의 선박 장비에 대한 원격 유지보수를 위한 원격 협업 지원 시스템 최적화를 위해서 본 논문에서는 원격 협업 지원 시스템용 데이터 공급 및 관리 기능, 소프트웨어 아키텍처 레벨 최적화, 그리고 서버-클라이언트(관리자)-클라이언트(선박 작업자) 간의 데이터베이스 API 최적화 기능을 구현하였다.

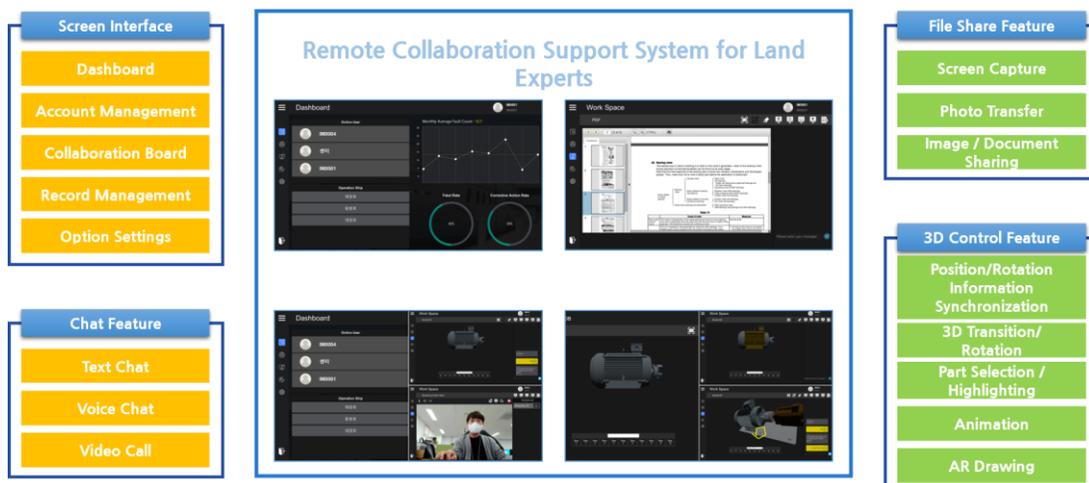


Figure 2. Framework for Remote Collaboration Support System for Land Experts
그림 2. 육상 전문가용 원격 협업 지원 시스템 프레임워크

원격 협업 지원 시스템용 데이터 공급 및 관리 기능은 데이터베이스에 시스템용 데이터를 공급하고 관리자용 소프트웨어로 데이터를 관리한다. 이는 원격 협업 소프트웨어 간 데이터 동기화를 이룬다. 소프트웨어 아키텍처 레벨 최적화 기능은 소프트웨어 아키텍처 단순화 및 아키텍처 레벨 간 최적화를 구현하였다. 서버-클라이언트(관리자)-클라이언트(선박 작업자) 간의 데이터 인터페이스 API 최적화 기능은 선박 작업자와 육상 관리자 간의 효율적인 데이터 통신을 위해 매우 중요하다. 그리고 서버-클라이언트 간 인터페이스를 통일하여 사용자 간의 효율성을 높였다. 그림 2는 육상 전문가용 원격 협업 지원 시스템에 대한 프레임워크를 설명한다. 본 논문에서는 원격 협업 지원 시스템을 최적화하기 위해 화면 인터페이스, 채팅 기능, 파일 공유 기능, 3D 제어 기능 등 4 가지 형태로 구분하였다. 이러한 기능과 최적화 방법을 적용하면 서버-클라이언트 간의 데이터 인터페이스 API가 효율적으로 동작할 수 있다.

3.2 해양선박 네트워크 환경 모의를 위한 시간지연 길이 변환 전송 기능

네트워크 속도, 용량에 의한 메시지/음성/영상을 최적화하기 위하여 본 논문에서는 데이터를 압축하여 전송하거나 텍스트 메시지에 대한 우선순위를 설정하여 중요한 메시지가 먼저 전송되도록 하였다. 네트워크 속도가 느린 경우에는 음성 품질을 유지하면서도 데이터 전송 속도를 조절하여 대역폭을 효율적으로 사용하였다. 그리고 영상은 대용량의 데이터를 요구하기

때문에 효율적인 압축을 적용하였다. 그림 3은 데이터 전송 최적화에 관한 내용을 설명한다. 네트워크 속도에 따라 4 가지 타입으로 구분을 하였으며 전송되는 데이터 타입도 다르게 설정된다. 예를 들어, 타입 1은 분당 네트워크 최대 속도는 126kb/min이며, 전송되는 데이터 종류는 Text(T), 3D(Contents)이다. 타입 4는 분당 네트워크 최대 속도는 1,000kb/min 이상이며 전송되는 데이터의 종류는 Text(T), Voice(V), I(Information), S(Streaming), 3D(Contents) 등이 있다.

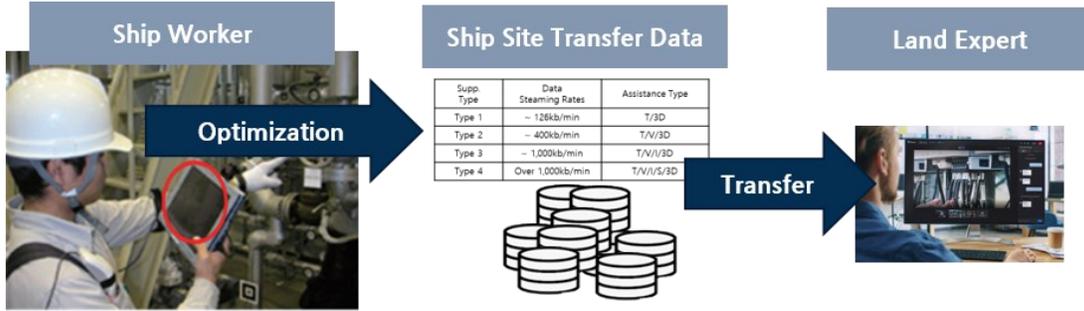


Figure 3. Data Transfer Optimization
그림 3. 데이터 전송 최적화

해양 선박에 설치된 네트워크는 속도와 응답성이 지상과 상이하다. 이에 네트워크를 통해 정보를 전달할 경우 정보의 양과 통신속도를 고려하여 전달하여야 한다. 해양 선박의 네트워크 전송 속도와 대역을 모의하여 지상의 일반 네트워크 환경에서 테스트를 하기 위한 기능은 직접 선박에서 탑승하여 해상에서 네트워크 테스트를 할 때마다 시간과 비용을 절약할 수 있다.

본 논문에서는 네트워크 전송을 담당하는 서버와 클라이언트의 프로그램을 해양 선박의 네트워크를 모의하여 가변 전송하는 시뮬레이션 기능을 구현하였다. 이 기능은 일반적인 LAN, WiFi, 5G, 4G 등 다양한 네트워크 환경에서 네트워크 설정값을 정하여 해양 선박 네트워크를 모의할 수 있다. 선박의 네트워크를 모의하여 가변 전송하는 시뮬레이션하는 기능을 구현하여 이러한 문제점을 해결하였다.

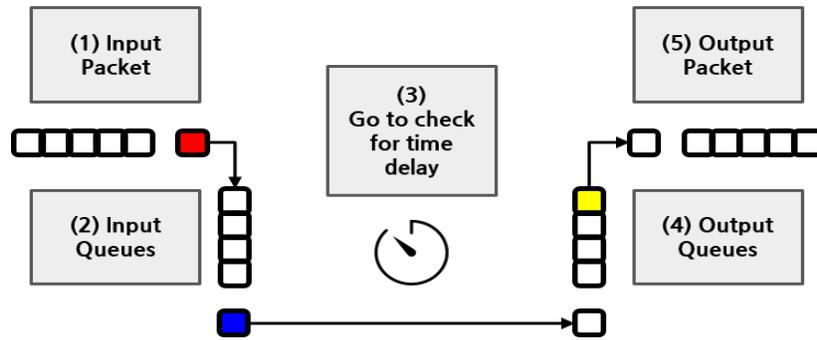


Figure 4. Time Delay Length Conversion Transmission Function
그림 4. 시간 지연 길이 변환 전송 기능

그림 4는 시간 지연 길이 변환 전송 기능에 대하여 설명한다. 입력 패킷은 입력 기준 초당 최대 전송량만큼 분리되어 입력큐에 전달한다. 이때 입력 기준 초당 전송량은 시분할하여 1 초에 N 회만큼 시분할되어 전달된다. 예를 들어 초당 1,000 바이트 전달 시 N=10 인 경우 1 초에 10 회 100 바이트를 전송한다. 입력 큐에 전송 도착시간과 함께 입력되며 입력 큐에 전송 시 시스템의 msec 단위 시간과 함께 큐에 저장된다. 입력 큐에 도착한 패킷의 시간을 확인하여 설정된 시간 지연 후에 출력큐에 전달된다. 큐에 지정되어 있는 시스템 msec 단위 도착시간과 현재의 시스템 시간을 비교하여 설정의 시간지연 값 이상 지연된 경우 출력큐로 전달된다. 출력 큐에서 합쳐진 데이터는 출력기준 최대 전송량만큼 분리되어 출력 패킷으로 나뉘어

전달된다. 출력 기준 초당 최대 전송량은 시분할하여 1 초에 N 회만큼 시분할되어 전달된다.

3.3 클라이언트와의 선박 테스트 및 성능 개선

육상 전문가로부터 선박 장비에 대한 유지보수를 진행하기 위해 선박 현장 작업자에게 증강현실을 활용하여 실시간 정보와 지침을 제공하는 기능을 다음과 같이 구현하였다. 첫째, 작업 효율을 높이기 위한 선박 현장 작업자 인터랙션 처리 및 정보 전달 기능을 구현한다. 둘째, 선박 장비의 고장 발생 시 해당 부분의 정보를 증강현실 환경을 통해 확인한다. 선박 작업자 및 육상 전문가는 해당 장비에 대해 설명하기 위해 3D 모델을 활용하고 애니메이션 기능을 이용하여 선박 작업자가 이해하기 쉽게 설명을 한다. 그리고 3D 포인터 기능을 이용하여 해당 장비 부품에 대한 직접적인 지시를 하여 이해도를 높일 수 있도록 개발하였다. 그림 5 는 증강현실 기술을 활용하여 선박 작업자와 지상 관리자/전문가 간의 정보 전달에 대하여 보여준다.

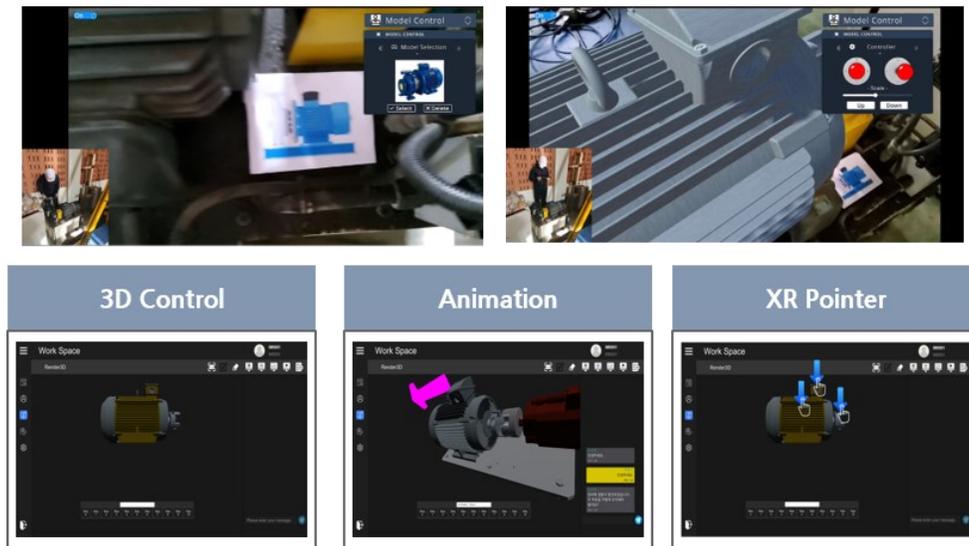


Figure 5. AR Information Transfer
 그림 5. 증강현실 정보 전달 기능

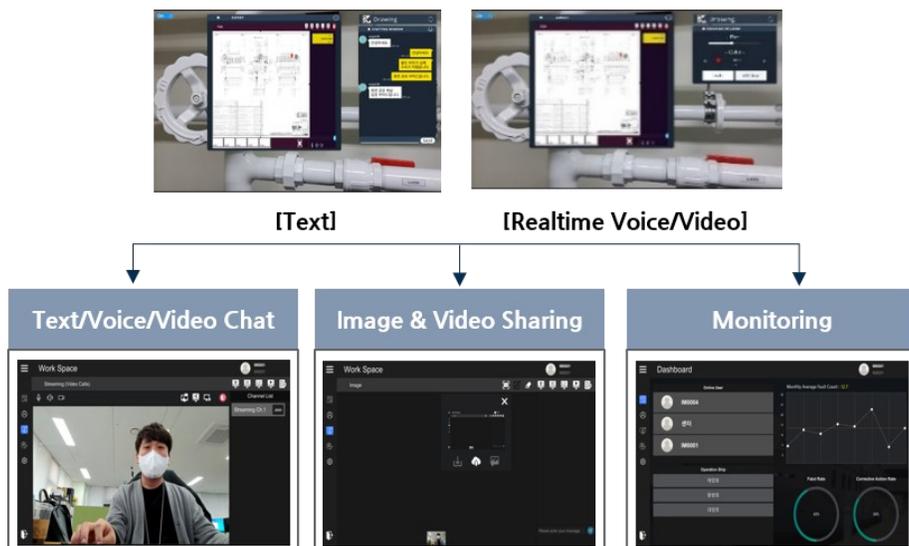


Figure 6. Monitoring System Verification
 그림 6. 모니터링 시스템 검증

선박 원격 작업자 간의 협업 지원을 위한 모니터링 시스템에서 통합 연동 기술을 검증하기 위해 채팅 및 파일 공유 시스템으로 원격 작업자 간의 협업을 지원하고 모니터링 작업 수행 시 사용자 평가를 통한 검증을 진행하였다. 채팅 기능은 텍스트, 음성, 영상 등 다양한 콘텐츠를 활용하여 원격으로 다중 사용자 간 실시간 협업에 대한 효율성을 높였다. 유지보수를 위한 장비에 대하여 사진 및 영상 등을 공유하여 실시간으로 오류가 발생한 장비를 빠른 시간안에 수리할 수 있도록 개발하였다. 그림 6은 모니터링 시스템 검증에 대하여 설명하고 있다.

다자간 원격 협업을 지원하는 선박에서의 통합 테스트는 실제 선박에서 원격 협업이 원활하게 이루어지는 테스트를 해야 한다. 실제 상황과 동일한 환경에서 선원, 지상관리자, 전문가 간의 협업 상황 가정 후 통합 테스트를 진행하였다. 그림 7은 선원-지상 관리자/전문가 간의 선박 통합 테스트 과정을 보여준다.

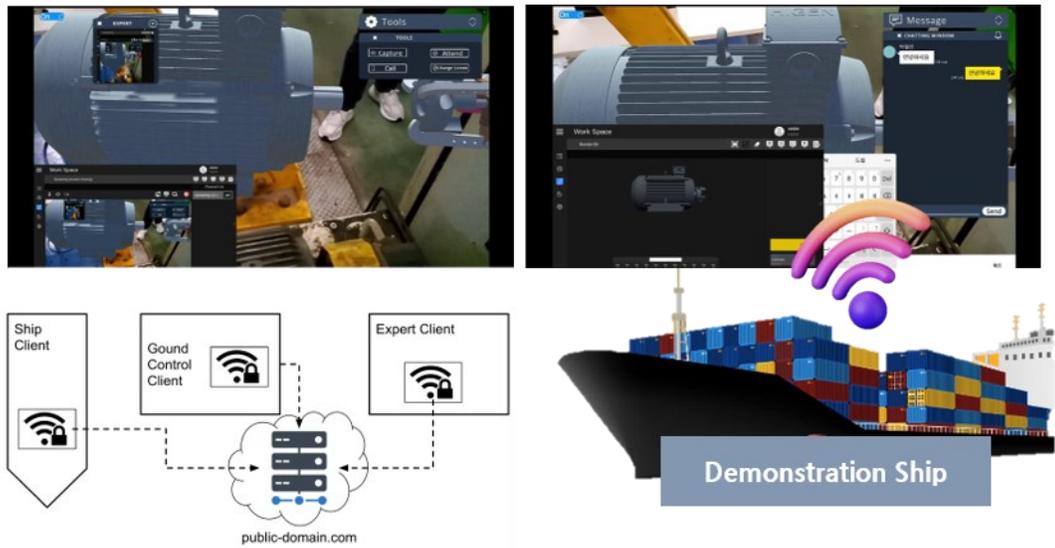


Figure 7. Demonstration Ship Integrated Test
그림 7. 실증선 통합 테스트



Figure 8. Usability Test
그림 8. 사용성 테스트

본 논문에서는 선원-지상 관리자/전문가 간의 상호 연결성 및 사용성 테스트를 위해 2 가지를 확인하였다. 첫째, 발견한 문제를 전문가에게 신속하게 보고하고 그에 대한 적절한 대응을 받을 수 있는지를 확인하였다. 둘째, 사용자 인터페이스의 직관성, 편의성, 정보 접근성 등을 평가하여 사용자들이 효율적으로 시스템을 활용할 수 있는지를 확인하였다. 그림 8은 선원-지상 관리자/전문가 간의 상호 연결성 및 사용성 테스트를 설명한다.

마지막으로 선박 테스트를 통한 UX 문제점 확인 후 성능을 개선하였다. 사용자들의 피드백을 분석하여 주요 문제점을 파악하였다. 예를 들어, 시스템의 응답 속도가 느리거나, 사용자 인터페이스가 복잡하다는 등의 문제가 있을 수 있다. 테스트 결과를 토대로 시스템에 개선점을 도출하고 이를 반영하여 시스템을 보다 효과적으로 개선하였다. 그리고 사용자들의 요구와 피드백을 고려하여 개선 방향을 설정하였다. 그림 9는 문제점 확인 및 개선 방법에 대한 내용을 보여준다.

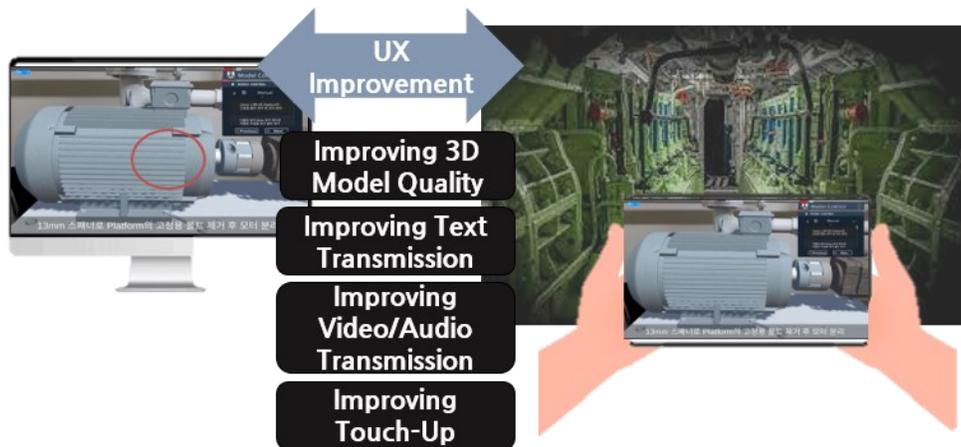


Figure 9. Identifying and Improving Issues
그림 9. 문제점 확인 및 개선

IV. 결론

본 논문에서는 선박-육상 간의 연결을 통한 선박 원격 협업 지원 시스템에 대하여 제안하였다. 제안된 시스템은 선박과 지상 관리 센터 간의 실시간 통신을 고속화하고, 대용량 데이터를 안정적으로 전송함으로써 선박 내/외부에서 발생하는 상황을 지상 관리자와 선원이 신속하게 공유하고, 효과적으로 대응할 수 있도록 하였다. 또한, 선박의 3D 모델링과 XR 기술을 활용하여 선박의 구조와 상태를 시각적으로 모니터링하고 제어할 수 있는 기능을 제공함으로써 선박 운영의 복잡한 상황을 보다 직관적이고 명확하게 이해할 수 있으며 이를 바탕으로 한 빠른 의사결정이 가능해질 수 있다. 자율운항 선박은 원격 협업 지원 시스템, ICT, 센서, 스마트 기술 등 4차 산업혁명 관련 요소기술이 집약된 미래 고부가가치 선박의 핵심으로 일반선박에 비해 안전성 및 경제성에서 우월하여 선사 수요가 증가됨에 따라 향후 글로벌 선박 발주의 대다수를 차지할 것으로 전망된다.

V. 감사의 글

이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20011164, (2 세부) 자율운항선박 핵심 기관 시스템 성능 모니터링 및 고장 예측 진단 기술 개발)

VI. 참고문헌

- [1] Roh, H. S., Yim J. B. and Jeong W. W. L, “Conceptual Development of Remote Shore Control System for MASS”, in Proc. of Spring Meeting of KAOSTS, Korea, 2020, pp.41-42
- [2] Saint-Voirin, D. Lang, C. Zerhouni, N. & Guyennet, H., “Cooperative Systems Modeling, Example of a Cooperative e-maintenance System”, 6th IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation, Finland, 2005, pp.27-30
- [3] Han, T. & Li, C., “Study on Intelligent Expressway Maintenance System”, 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, China, 2008, pp.1-4
- [4] W.J. Choi, H.I. Kim, S.H. Jun, “Development of the ship Manoeuvring PC Simulator Based on the Network”, Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 43, No. 6, pp.403-412, Dec. 2019.
- [5] D.K. Moon, J.Y. Bae, J.H. Park, K.I. Lee, H.B. Kim, “A Development of Remote Ship Maintenance System Based on Ship Area Network”, Journal of the society of naval architects of Korea, Vol. 47, No. 5, pp.751-756, Oct. 2010.
- [6] H.S. Gwon, J.H. Park, J.G. Yang, J.G. Lee, “Development of a Remote Maintenance Support for Ship IP-Based Equipment”, Journal of the society of naval architects of Korea, Vol. 51, No. 1, pp. 31-39, Mar. 2014.
- [7] J.Y. Kim, S.T. Jung, J.S. Lim, J.W. Park. G.Y. Hong, “Design of shipboard integrated network platform for Digital-ship”, Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 9, No. 6, pp. 1202-1210, Oct. 2005.
- [8] K.H. Lee, J.I. Kim, G.R. Kwon, “Development of Multi-person remote collaboration system using WebRTC for fields adaptation”, Smart Media Journal, Vol. 10, No. 4, Dec. 2021, pp.9-14

저자소개



박영섭 (Youngsup Park)

2006년 2월 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사

2008년 성균관대학교 박사 후 연구원

2016년 ~ ㈜이노시플레이션 이사

관심분야: 디지털트윈, 메타버스, 인공지능